COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 3 JANVIER 1923.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE BERTIN, PUIS DE M. ALBIN HALLER.

M. **Émile Bertin**, Président sortant, fait connaître à l'Académie l'état où se trouve l'impression des recueils qu'elle publie et les changements survenus parmi les Membres et les Correspondants pendant le cours de l'année 1922.

État de l'impression des recueils de l'Académie au 1er *janvier* 1923.

Comptes rendus des séances de l'Académie. — Le tome 169 (2e semestre de l'année 1919) est paru avec ses tables et a été mis en distribution.

Les tables du tome 170 (1er semestre 1920) sont imprimées.

Les numéros des 2e semestre de l'année 1920, 1er et 2e semestres de l'année 1921, 1er et 2e semestres de l'année 1922 ont été mis en distribution, chaque semaine, avec la régularité habituelle.

Mémoires de l'Académie. — Le tome LVII, 2e série, est paru et a été mis en distribution.

Procès-verbaux des séances de l'Académie des Sciences, tenues depuis la fondation de l'Institut jusqu'au mois d'août 1835.

Le tome X, années 1832-1835, est sous presse.

Annuaire de l'Académie. — L'Annuaire pour 1923 est paru et est mis en distribution au cours de cette séance.

Membres décédés depuis le 1er janvier 1922.

Section de Géométrie. — M. **Camille Jordan**, le 21 janvier.

Section de Géographie et Navigation. — M. **Louis Favé**, le 30 juillet.

Section de Physique générale. — M. **Edmond Bouty**, le 5 novembre.

Section de Chimie. — M. **Georges Lemoine**, le 13 novembre.

Section de Botanique. — M. **Gaston Bonnier**, le 30 décembre.

Section d'Anatomie et Zoologie. — M. **Louis Ranvier**, le 22 mars.

Section de Médecine et Chirurgie. — M. **Alphonse Laveran**, le 18 mai.

Associés étrangers. — M. **Giacomo Ciamician**, le 2 janvier, à Bologne, Italie; S. A. S. **Albert Ier**, prince souverain de Monaco, le 26 juin, à Paris.

Membres élus depuis le 1er janvier 1922.

Section de Géométrie. — M. **Henri Lebesgue**, le 29 mai, en remplacement de M. Camille Jordan, décédé.

Section de Géographie et Navigation. — M. **Gustave Ferrié**, le 6 février, en remplacement de M. Alfred Grandidier, décédé.

Section d'Anatomie et Zoologie. — M. **Charles Gravier**, le 19 juin, en remplacement de M. Louis Ranvier, décédé.

Section de Médecine et Chirurgie. — M. **Hyacinthe Vincent**, le 11 décembre, en remplacement de M. Alphonse Laveran, décédé.

Académiciens libres. — M. **Maurice d'Ocagne**, le 30 janvier, en remplacement de M. J. Carpentier, décédé.

Membres à remplacer.

Section de Géographie et Navigation. — M. **Louis Favé**, mort à Paris, le 30 juillet 1922.

Section de Physique générale. — M. **Edmond Bouty**, mort à Paris, le 5 novembre 1922.

Section de Chimie. — M. **Georges Lemoine**, mort à Paris, le 13 novembre 1922.

Section de Botanique. — M. **Gaston Bonnier**, mort à Paris, le 30 décembre 1922.

Associés étrangers. — M. **Simon Schwendener**, mort à Berlin, le 27 mai 1919; M. **Giacomo Ciamician**, mort à Bologne, le 2 janvier 1922; S. A. S. **Albert Ier**, prince souverain de Monaco, mort à Paris, le 26 juin 1922.

Correspondants décédés depuis le 1er janvier 1922.

Pour la Section d'Astronomie. — Sir **William Christie**, le 22 janvier, en mer; M. **Jacobus Cornelius Kapteyn**, le 18 juin, à Groningue, Pays-Bas.

Pour la Section de Physique générale. — M. **René Benoît**, le 5 mai, à Courbevoie, Seine.

Pour la Section de Chimie. — M. **Ph.-A. Guye**, le 27 mars, à Genève; M. **Ernest Solvay**, le 26 mai, à Bruxelles; M. **Philippe Barbier**, le 18 septembre, à Bandol-sur-Mer, Var.

Pour la Section de Minéralogie. — M. **Otto Lehmann**, le 17 juin, à Karlsruhe, Bade.

Pour la Section de Botanique. — M. **Battandier**, le 18 septembre, à Alger.

Pour la Section de Médecine et Chirurgie. — Sir **Patrick Manson**, le 9 avril, à Londres.

Correspondants élus depuis le 1er janvier 1922.

Pour la Section de Géométrie. — M. **Ivar Fredholm**, à Djursholm, Suède, le 27 février, en remplacement de M. Schwarz, décédé; M. **René Baire**, à Lausanne, le 8 avril, en remplacement de M. Max Nœther, décédé.

Pour la Section de Mécanique. — M. **Charles Camichel**, à Toulouse, le 20 novembre, en remplacement de M. Henry Parenty, décédé.

Pour la Section de Physique générale. — Sir **William Henry Bragg**, à Londres, le 4 décembre, en remplacement de M. René Benoît, décédé.

Pour la Section de Chimie. — M. **Amé Pictet**, à Genève, le 26 juin, en remplacement de M. Ph.-A. Guye, décédé; M. **Albert Recoura**, à Grenoble, le 3 juillet, en remplacement de M. Ernest Solvay, décédé;

M. **J.-B. Senderens**, à Toulouse, le 4 décembre, en remplacement de Philippe Barbier, décédé.

Pour la Section de Botanique. — M. **Henri Jumelle**, à Marseille, le 27 février, en remplacement de M. Boudier, décédé.

Correspondants à remplacer.

Pour la Section de Minéralogie. — M. **Œhlert**, mort à Laval, le 17 septembre 1920; M. **Otto Lehmann**, mort à Karlsruhe, Bade, le 17 juin 1922.

Pour la Section de Botanique. — M. **Battandier**, mort à Alger, le 18 septembre 1922.

Pour la Section de Médecine et Chirurgie. — Sir **Patrick Manson**, mort à Londres, le 9 avril 1922.

Pour les Sections qui seront désignées par l'Académie (Décision du 13 mars 1922). — Les Correspondants suivants pour la Section d'Astronomie : M. **George Ellery Hale**, élu associé étranger le 10 mars 1919; Sir **Norman Lockyer**, mort à Salcombe Regis, Sidmouth, Angleterre, le 16 août 1920; M. **Gaillot**, mort à Chartres, le 4 juin 1921; Sir **William Christie**, mort en mer le 22 janvier 1922; M. **Jacobus Cornelius Kapteyn**, mort à Groningue, Pays-Bas, le 18 juin 1922.

En prenant possession du fauteuil de la présidence, M. **Albin Haller** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Au moment de prendre possession du fauteuil de la Présidence, je tiens à vous exprimer à nouveau toute ma gratitude pour le témoignage d'estime que vous m'avez accordé l'année dernière en me portant à la Vice-Présidence. Vos suffrages me valent aujourd'hui le grand honneur de diriger vos débats au cours de l'année qui vient d'éclore.

Vous pouvez être assurés que j'apporterai dans mes fonctions le dévouement qui y est traditionnellement attaché. Je suis sûr d'ailleurs de trouver auprès de nos sympathiques secrétaires perpétuels le concours toujours éclairé et bienveillant que nécessitera l'accomplissement de ma tâche.

Tout à l'heure, M. Bertin, en me cédant son fauteuil, exprimait le souhait que ma Présidence fût marquée par des séances publiques moins troublées et plus silencieuses.

Souffrez que je m'associe à ce vœu qui, à force d'être périodiquement renouvelé, est devenu, pour ainsi dire, protocolaire.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Après le dépouillement de la Correspondance, M. le Président s'exprime en ces termes :

Mes Chers Confrères,

Aux deuils successifs dont l'Académie a été frappée au cours de l'année finissante, j'ai le vif regret d'ajouter celui que nous cause la mort de M. **Gaston Bonnier**, membre de la Section de Botanique. Ainsi, le premier devoir qui incombe à votre nouveau Président, est de rendre un juste hommage à un confrère trop tôt disparu.

Ancien élève de l'École Normale supérieure, M. Bonnier y fut de bonne heure attaché comme agrégé préparateur, puis comme maître de conférences, fonctions qui le conduisirent, à l'âge de 32 ans, à la chaire de Botanique de la Sorbonne.

Il débuta dans la science par un travail de longue haleine, très remarqué, sur l'anatomie et la physiologie des nectaires. Lauréat de l'Académie pour ce travail, il le fut encore pour ses recherches sur la synthèse des lichens. Grâce aux ingénieuses dispositions qu'il sut réaliser, il parvint à obtenir des lichens complets, fructifiés, en cultivant dans un milieu privé de germes un mélange de spores pures et d'algues ne provenant pas immédiatement d'une association lichénique.

Ces travaux furent suivis d'une série de notes, publiées en collaboration avec son maître Van Tieghem, sur les échanges gazeux que présentent les graines, les tubercules et les bulbes conservés à l'air libre, dans l'air confiné, dans l'acide carbonique pur; les résultats conduisirent les auteurs à substituer à la notion de vie latente celle de vie ralentie.

C'est encore en collaboration, et cette fois avec notre confrère M. Mangin, que M. Bonnier a poursuivi de captivantes recherches sur la respiration des champignons, des tissus dépourvus de chlorophylle, des tissus verts à l'obscurité; pour la première fois fut étudiée l'assimilation chlorophyllienne en la séparant du phénomène respiratoire.

Une autre partie de son œuvre, et non la moins importante, a eu pour but de réaliser des cultures comparatives à des altitudes diverses, et aussi d'exposer des végétaux à l'influence de la lumière électrique continue et discontinue. Fractionnant une série de plantes en plusieurs pieds identiques,

chacun de ces pieds fut cultivé dans un terrain de composition semblable, dans diverses stations des Alpes et des Pyrénées comprises entre 50^{m} et 2400^{m} au-dessus du niveau de la mer. Les cultures ont porté sur 165 espèces différentes et ont abouti à des constatations du plus haut intérêt.

Des recherches plus récentes ont enfin été effectuées sur le développement de l'appareil vasculaire dans les végétaux supérieurs, et sur les caractères acquis par les végétaux sous l'influence du climat méditerranéen.

A cette œuvre personnelle et originale, qui rendra son nom impérissable, M. Bonnier a ajouté diverses œuvres didactiques, comme son Cours de Botanique publié en collaboration avec M. Leclerc du Sablon, sa Flore complète (illustrée en couleurs) de France, de Suisse et de Belgique, une nouvelle Flore des environs de Paris, etc.

Rappelons aussi qu'on lui doit la création de la *Revue générale de Botanique* et du laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau.

Fervent du laboratoire, il partagea son temps entre cette institution et son service de la Sorbonne, y suscita des recherches multiples, s'entoura de disciples et fit école. Aussi sa disparition laissera-t-elle un grand vide dans le milieu des naturalistes français et aussi parmi ses élèves qui appréciaient chez leur maître autant la bonté que le haut savoir.

CHIMIE. — *Sur les alcoolates thalleux.* Note [1] de M. **R. de Forcrand.**

L'étude chimique du thallium est encore bien incomplète, ce qui tient sansdoute à l'imperfection des méthodes de dosage, et peut-être aussi à la difficulté de se procurer une quantité notable de ce métal pur.

On en sait cependant assez pour que beaucoup de ses propriétés nous apparaissent comme paradoxales. On dit communément que physiquement il ressemble au plomb, tandis que ses caractères chimiques en font un métal alcalin. Nous verrons cependant que même au point de vue chimique il fonctionne tantôt comme le potassium, tantôt comme un métal lourd.

Ayant en mains un bel échantillon, de près de 1^{kg}, de thallium pur, j'ai entrepris quelques recherches dans cette voie.

J'ai commencé par l'étude de ces singuliers composés que, dans ses beaux Mémoires de 1863 et 1864 [2], Lamy avait nommés : alcool éthylthallique,

---

(1) Séance du 26 décembre 1922.

(2) *Ann. Chim. Phys.*, 3e série, t. 67, p. 395, et 4e série, t. 3, p. 373.

amylthallique, méthylthallique, dénominations fâcheuses d'ailleurs, car en réalité il s'agit d'éthylate, d'amylate et de méthylate thalleux, du type : R — OTl.

Ainsi que l'avait très bien remarqué Lamy, le thallium ne réagit pas sur les alcools purs, pas plus d'ailleurs qu'il ne réagit sur l'eau pure. On peut le conserver indéfiniment avec son éclat dans l'eau ou dans un alcool quelconque. Il n'est pas assez électropositif pour se substituer à l'hydrogène de leur oxydrile, et par là s'écarte nettement des métaux alcalins.

Lorsqu'il s'agit d'obtenir des alcoolates, le mieux est encore de préparer d'abord l'éthylate thalleux en laissant (sous cloche) des copeaux de thallium en présence de vapeurs d'alcool éthylique anhydre, et introduisant dans la cloche l'air ou l'oxygène nécessaire à la réaction, qui est la suivante :

$$2(CH^3 - CH^2 - OH) + Tl^2 + O = H^2O + 2(CH^3 - CH^2 - OTl)$$

tout à fait comparable à celle qui se produit lorsque le thallium se trouve dans de l'eau *aérée;* il disparaît alors peu à peu, tandis que l'eau contient la base : H — OTl, qui est soluble.

Avec l'alcool éthylique le métal disparaît aussi peu à peu, mais en donnant ce singulier éthylate thalleux dont Lamy a si bien étudié les principales propriétés.

C'est un *liquide* huileux très dense (D = 3,55).

Tout à fait différent comme aspect est le méthylate thalleux, que j'ai obtenu, suivant encore les indications de Lamy, en ajoutant, à froid, l'éthylate thalleux liquide à de l'alcool méthylique anhydre en excès (4^{mol} ou 5^{mol} pour 1^{mol} d'éthylate). Il se précipite immédiatement une poudre blanche, microcristalline, qu'on sépare du liquide excédant par une plaque poreuse sous cloche sulfurique. L'analyse de ce corps *solide* correspond bien à la formule $CH^3 - OTl$.

J'ai cherché alors à obtenir un certain nombre de composés analogues, mais en choisissant comme combinaisons oxhydrilées des corps un peu plus acides que les homologues du méthanol. Je me suis adressé au glycol, à la glycérine, au phénol ordinaire, à l'acide acétique, et, comme termes extrêmes, j'ai pris l'eau et l'acide sulfurique.

Tous ces composés s'obtiennent avec la plus grande facilité en prenant comme point de départ l'éthylate thalleux liquide de Lamy.

L'hydrate thalleux : H — OTl, bien qu'assez soluble dans l'eau, se prépare en ajoutant à l'éthylate thalleux son volume d'eau, à froid, ce qui

correspond sensiblement à $4H^2O$ pour $C^2H^5 - OTl$. Il se précipite un beau corps jaune.

Pour le glycolate monothalleux : $C^2H^4(OH)OTl$, il n'est plus nécessaire d'employer le glycol en excès; les deux corps : glycol et éthylate thalleux, mélangés à molécules égales, donnent presque immédiatement un précipité d'un beau jaune éclatant, avec des reflets un peu verdâtres, dont l'aspect rappelle tout à fait le nitrate d'uranyle déshydraté.

Le glycérinate monothalleux $C^3H^5(OH)^2OTl$ se prépare encore de la même manière; il a la même couleur, mais un peu atténuée et grisâtre. C'est aussi un corps solide.

Ces trois composés, bien que colorés en jaune, se dissolvent dans l'eau en donnant une liqueur incolore.

Le phénol étant solide, il vaut mieux, pour préparer le phénate :

$$C^6H^5 - OTl,$$

dissoudre séparément le phénol et l'éthylate thalleux dans l'éther anhydre, et mélanger à froid les deux liqueurs. Le phénate, insoluble dans l'éther, se précipite immédiatement en formant une poudre blanche, microcristalline, qui a un peu l'aspect du méthylate.

Quant à l'acétate et au sulfate neutre thalleux, les moyens de les obtenir ne manquent pas. Cependant pour l'acétate thalleux j'ai trouvé avantage à partir encore de l'éthylate thalleux dissous dans l'éther anhydre et à y ajouter une quantité équivalente d'acide acétique. Le précipité qui se forme immédiatement est l'acétate thalleux; il a le même aspect que le phénate.

Pour obtenir le sulfate pur, le moyen le plus recommandable est la dissolution de l'hydrate $H - OTl$ dans l'acide sulfurique étendu. Il ne faut pas compter sur l'attaque du métal par cet acide, car il ne donne aucun dégagement d'hydrogène lorsqu'il est pur. Cependant Thomsen a mesuré la quantité de chaleur dégagée par la dissolution du thallium dans un acide de composition : $SO^4H^2 + 50H^2O$, et j'ai vérifié d'ailleurs que l'attaque se produit avec certains échantillons de thallium impur. On peut, il est vrai, provoquer la réaction en touchant le métal avec un fil de platine, mais encore le dégagement d'hydrogène est-il très lent dans ces conditions, beaucoup plus lent qu'avec le zinc pur.

Cependant, lorsqu'il est à l'état d'hydrate dissous dans l'eau, le thallium se combine avec tous les acides, même les plus faibles, même avec les alcools.

Ainsi il est à peine assez électropositif pour chasser l'hydrogène de l'oxhydrile des acides les plus forts, et sa base est la plus forte de celles que nous connaissons.

L'histoire du thallium est remplie de ces oppositions.

Pour préciser quelques-uns de ces faits singuliers, j'ai procédé à l'étude thermochimique comparée de la série des combinaisons thalleuses dont j'ai donné la liste plus haut :

$$H-OTl,\quad CH^3-OTl,\quad C^2H^5-OTl,$$
$$C^2H^4(OH)OTl,\quad C^3H^5(OH)^2OTl,$$
$$C^6H^5-OTl,\quad CH^3-CO\,OTl,\quad SO^4Tl^2.$$

J'en ferai connaître prochainement les principaux résultats.

BOTANIQUE. — *Classification des Monocotylédones.* Note [1] de M. Paul Vuillemin.

La classification des Monocotylédones, comme celle des Dicotylédones, que j'ai résumée jadis [2], repose essentiellement sur la morphologie de la fleur, ou plus exactement de la gonelle, dont la fleur est la forme supérieure caractérisée par la corolle. Les données fournies par l'appareil végétatif concordent avec celles que l'on tire de la gonelle.

L'appareil reproducteur des Monocotylédones offre les divers degrés de différenciation évolutive signalés chez les Dicotylédones, amphigonelle, acrogonelle, anthogonelle ou fleur.

La disposition cyclique des appendices n'est pas manifeste chez les Amphigones; elle apparaît d'abord dans l'agencement des phyllomes empruntés à l'appareil végétatif et continuant à suivre dans la gonelle les règles phyllotaxiques; puis elle s'étend aux parties essentielles de l'appareil reproducteur.

Elle atteint sa perfection chez les Anthogones avec la formule tricyclique S, PE, C, tandis que les Dicotylédones supérieures sont tétracycliques selon la formule S, P, E, C. Traduisons ce langage chiffré en disant que les Dicotylédones ont fait un pas de plus en dégageant le pétale du pétalostème et en consacrant un nouveau cycle à l'androcée. La division du travail est plus avancée que chez les Monocotylédones fixées au stade

---

(1) Séance du 26 décembre 1922.

(2) *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 449, 477, 510.

de pétalostème. La formule des Liliacées, Amaryllidacées, etc., PE, PE, C, est une modification de la formule tricyclique. La tératologie démontre que l'étamine et le pétale sont congénères dans chaque verticille de pétalostèmes dont le premier a évincé le calice. Un seul cycle de pétalostèmes suffit, par des partitions multiples, à donner à la fleur des Marantacées une somptuosité incomparable.

Le défaut de fixité dans le nombre et même la constitution des cycles sont considérés, à juste titre, comme un signe d'infériorité. Un tel dérèglement du type floral dépend moins de l'affinité que du degré d'évolution. Les fleurs mal définies se rencontrent dans des ordres distants les uns des autres; mais quand dans un ordre, une famille, elles coexistent avec des fleurs plus parfaites, elles occupent le rang inférieur de la série.

Bien que l'absence de pétalostèmes ne soit pas en elle-même un signe d'infériorité (les Dicotylédones en font foi), leur disparition précoce concorde chez les Monocotylédones avec l'imperfection de la disposition cyclique. Cette coïncidence est fréquente chez les Hydrocharidacées, les Alismacées, les Commélinacées, où le nombre des cycles est indéfini, chez les Xyridacées, les Restiacées, les Hémodoracées, où leur alternance peut souffrir des lacunes.

On ne confondra pas avec ces signes d'imperfection l'écartement exagéré des lames de clivage des pétalostèmes séparées par le verticille suivant d'étamines. Chez le *Triglochin palustre* qui, malgré ses pétales scarieux, appartient à une tribu d'Alismacées toute proche des Alismées, chez quelques Commélinacées, chez les *Wachendorfia* et les *Anigosanthes* parmi les Hémodoracées, les étamines épisépales apparaissent après les épipétales. Cette position insolite, dont l'interprétation est simple d'après la théorie des pétalostèmes, avait été attribuée arbitrairement, soit à l'avortement d'un cycle intermédiaire, soit à un déplacement inexpliqué, soit à une formation adventive.

Nous trouvons donc une gradation dans les modifications du type floral. Ces données négligées éclairent l'enchaînement des familles.

Les Monocotylédones forment une classe détachée des Dicotylédones vers la fin de l'ère secondaire. Leur prototype est inconnu; la flore crétacée fournit déjà des spécimens de plusieurs ordres parmi lesquels il n'est pas possible de discerner les caractères initiaux du tronc dont ils ont divergé.

En combinant les documents fournis par les flores fossiles et vivantes, je distingue six ordres : I. Hélobiées; II. Spadicinées; III. Enantioblastées; IV. Palmiers; V. Joncinées; VI. Smilacinées.

Monocotylédones.

Amphigones. Ordres.	Amphigones. Familles.	Acrogones. Ordres.	Acrogones. Familles.	Acrogones. *Tribus.*	Anthogones. Familles et *tribus.*	Anthogones. Familles et *tribus.*
II.	Lemnacées Typhacées Aracées Pandanacées					
		IV.	Palmiers			
		VI.	Smilacacées....	*Astéliées* *Dioscorées* .... *Smilacées* *Dracœnées*.. *Paridées*	Broméliacées..... Hémodoracées.... *Asparagées*......	Marantacées Zingibéracées Musacées Iridacées Amaryllidacées *Convallariées*
		V.	(Colchicacées) Joncacées.................. Cypéracées Graminées	*Vératrées*..	.Colchicacées Liliacées..........	*Colchicées* *Liliées* *Philydrées*
III.	Centrolépidacées......................................				Restiacées........ Xyridacées Commélinacées	*Maïacées* *Flagellariées* *Restiées* *Eriocaulées*
I.	Naïadacées..				Alismacées....... Hydrocharidacées Burmanniacées Orchidacées......	*Triglochinées* *Alismées* *Butomées* *Apostasiées* *Orchidées*

Dans le tableau ci-dessus, les ordres sont indiqués en chiffres romains répondant à l'énumération donnée dans le texte; les numéros impairs se suivent de bas en haut, les pairs de haut en bas. Le dernier représente le tronc d'où les précédents se détachent plus ou moins loin du sommet. Les Smilacinées aboutissent à une cime puissante d'Anthogones partant d'Acrogones représentées déjà dans le Crétacé; il n'est pas douteux qu'elles étaient formées d'Amphigones à l'époque où s'en sont détachées les Hélobiées, les Spadicinées, les Énantioblastées. Le défaut de fixité du pistil

nous enseigne que les Smilacinées continuent la souche polymorphe d'où divergent les ordres mieux circonscrits dont les caractères sont plus tranchés, plus fixes, partant moins perfectibles.

Les Hélobiées sont exalbuminées et apocarpes. Une forme spéciale d'amphigonelle, le spadice, est propre aux Spadicinées. Les Énantioblastées ont l'ovule droit et l'albumen presque toujours amylacé. Les Palmiers, déjà reconnaissables à leur port, ont le fruit charnu, généralement apocarpe. Les Joncinées, dont le port est tout autre, ont le fruit sec.

Les noms des familles et des *tribus* notables (en *italiques*) sont disposés de façon à faire ressortir le degré de parenté directe ou collatérale.

M. **E. Roux** fait hommage à l'Académie du Tome premier : *Dissymétrie moléculaire*, et du Tome second : *Fermentations et génération dites spontanées*, des Œuvres de **Pasteur**, réunies par M. Pasteur Vallery-Radot.

M. **J. A. L. Waddell** fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée : *Two addresses to the engineering stredents of the University of Barcelona*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** donne lecture de la dépêche suivante :

L'Académie des Sciences de Lisbonne, réunie en séance extraordinaire en présence du Ministre de France, qu'elle compte parmi ses Membres, exprime à l'Académie des Sciences de France sa sympathie confraternelle pour le centenaire de l'immortel Pasteur, qui a enrichi le patrimoine scientifique de l'humanité.

Le Secrétaire général,

Christovao Ayres.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° J. Rouch. *Manuel d'océanograhie physique*. (Présenté par M. L. Joubin.)

2° *Les Termites*, partie générale : *Description — Distribution géographique*

— *Classification — Biologie — Vie sociale — Alimentation — Constructions — Rapports avec le monde intérieur*, par E. Hegh. (Présenté par M. E. Bouvier.)

M. **Paul Le Cointe** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les courbes de Bertrand et sur les transformations involutives permutables.* Note [1] de M. **Bertrand Gambier**, présentée par M. G. Kœnigs.

1. En 1879 M. Bianchi a indiqué de belles transformations, devenues classiques, portant sur les *surfaces à courbure totale constante*. A la même époque Sophus Lie, aux Tomes 4 et 5 des *Archiv for Mathematik og Naturvidenskab*, indiquait une autre transformation et signalait, comme conséquence des résultats de M. Bianchi et des siens, une transformation relative aux *courbes à torsion constante*.

En 1908, aux *Rendiconti di Palermo*, M. Bianchi retrouve cette transformation des courbes à torsion constante comme cas particulicr de la *transformation asymptotique d'une courbe quelconque;* M. Bianchi étudie ensuite la *transformation normale d'un ecourbe quelconque* et trouve, comme cas particulier, une transformation spéciale aux *courbes à courbure constante*. La transformation asymptotique de M. Bianchi conduit à certains résultats élégants déjà signalés par M. Kœnigs [2]. La même année que M. Bianchi, et indépendamment de lui, Darboux [3] traite un problème tout différent relatif aux courbes gauches et à la déformation des surfaces réglées, et retrouve les résultats relatifs à la transformation normale; il signale les propriétés exceptionnelles présentées par les *courbes de Bertrand*.

2. On peut faire une addition importante et complètement neuve à tous ces résultats géométriques. Soit une courbe de Bertrand C, dont je suppose, par une homothétie convenable, la relation entre R et T ramenée à la forme

$$\frac{\sin\omega}{R} - \frac{\cos\omega}{T} = 1.$$

---

(1) Séance du 26 décembre 1922.

(2) *Comptes rendus*, t. 106, 1888, p. 51, et *American Journal of Mathematics*, vol. 19, 1897.

(3) *Mémoires de l'Académie des Sciences*, t. 50, 1908.

On sait que la courbe de Bertrand C' associée à C s'obtient en portant sur la normale principale de C en M une longueur MM' constante égale à $\sin\omega$; les plans osculateurs en M et M' se croisent le long de MM' sous l'angle constant ω; α étant un angle constant quelconque, considérons le cercle de centre M, de rayon constant $\cos\alpha$, tracé dans le plan osculateur en M' à C'; ce cercle engendre une surface cerclée S contenant ∞^1 courbes de Bertrand C_1 satisfaisant à la même relation caractéristique que C; la courbe de Bertrand C'_1 associée à C_1 est sur la surface cerclée déduite de C' avec la même valeur de α. L'angle des plans osculateurs à C et à C_1, aux points M et M_1, est constant, égal à $\frac{\pi}{2} - \alpha$. Quand C est donnée, les courbes C_1 s'obtiennent par une équation de Riccati; la relation entre C et C_1 est complètement réciproque. Je pourrai dire que C_1 est une transformée de C sous l'angle α, ou, pour abréger l'écriture, que C_1 est une courbe αC. Connaissant une première courbe C et *une* transformée $C_1 = \alpha C$, on peut faire correspondre une à une les transformées $\bar{\alpha} C$ et $\bar{\alpha} C_1$, où $\bar{\alpha}$ est un nouvel angle distinct de α; $\overline{M}_1$ étant le point qui décrit la courbe $\bar{\alpha} C$, il suffit de compléter le parallélogramme gauche dont un sommet est M, les deux sommets contigus étant M_1 et $\overline{M}_1$, le dièdre MM_1 étant égal à $\frac{\pi}{2} - \alpha$ et le dièdre $M\overline{M}_1$ à $\frac{\pi}{2} - \bar{\alpha}$; le quatrième sommet $\overline{M}$ du parallélogramme gauche décrit une courbe de Bertrand $\overline{C}$ que l'on peut regarder comme une courbe $\bar{\alpha} C_1$ ou $\bar{\alpha}\alpha C$ correspondant d'une façon algébrique et univoque à la courbe $\overline{C}_1$ ou $\bar{\alpha} C$, ce qui démontre la propriété énoncée; mais on peut encore regarder $\overline{C}$ comme une courbe $\alpha \overline{C}_1$ ou $\alpha\bar{\alpha} C$, ce qui démontre la *permutabilité* des transformations α et $\bar{\alpha}$ appliquées successivement à une même courbe C. On remarque que les quatre courbes de Bertrand respectivement associées C', C'_1, $\overline{C}'_1$ et $\overline{C}'$ sont dans les mêmes relations mutuelles que C, C_1, $\overline{C}_1$ et $\overline{C}$. On peut aussi remarquer que l'une des transformées de C sous l'angle $\omega - \frac{\pi}{2}$ est précisément C'.

Si l'on suppose $\omega = \frac{\pi}{2}$, la courbe C est à rayon de courbure constant égal à l'unité et les cercles considérés sont décrits dans le plan normal à C au point M : on retrouve le cas de transformation *normale* étudié par M. Bianchi et par Darboux. Si l'on suppose $\omega = 0$, la courbe C est à rayon de torsion constant égal à l'unité, la courbe C' se confond avec C et l'on retrouve le cas de transformation *asymptotique* étudié par M. Bianchi et

par Sophus Lie. Les courbes de Bertrand réalisent le pont entre ces transformations.

Nous allons rendre intuitifs les systèmes de Möbius dénommés $(2^n)_{n+1}$ considérés par M. Bianchi en présentant sous un jour nouveau les résultats si importants découverts par l'illustre géomètre italien sur les transformations involutives et permutables, et ceci dépasse de beaucoup en portée l'exemple particulier traité ici.

3. Soit un être mathématique E pouvant être, pour chaque valeur du paramètre α_1, transformé en un nombre fini ou infini d'autres êtres dont je considère l'un, soit $\alpha_1 E$. Supposons la transformation *involutive*, c'est-à-dire que la transformation α_1, avec la même valeur du paramètre, appliquée à $\alpha_1 E$, donne en particulier E. Supposons ensuite le nouvel être considéré $\alpha_1 E$ transformé avec la valeur nouvelle α_2 et soit $\alpha_2\alpha_1 E$ *un* des êtres ainsi obtenus par la composition des deux opérations α_1, α_2. Supposons la transformation *permutable*, c'est-à-dire qu'aux trois êtres E, $\alpha_1 E$, $\alpha_2\alpha_1 E$ on puisse associer un nouvel être *unique* dérivé de E par la transformation α_2, soit donc $\alpha_2 E$ et tel que la transformation α_1 appliquée à $\alpha_2 E$ donne en particulier l'être $\alpha_2\alpha_1 E$ déjà obtenu, que nous pourrons donc appeler aussi $\alpha_1\alpha_2 E$.

Cela posé, soient $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_n$, n valeurs données du paramètre ; déterminons d'abord *un* $\alpha_1 E$, puis *un* $\alpha_2\alpha_1 E$, et ainsi de suite de façon à obtenir finalement *un* $\alpha_n\alpha_{n-1}, \ldots, \alpha_1 E$; imaginons maintenant n vecteurs d'orientation déterminée, mais différente de l'un à l'autre, de longueur $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_n$ respectivement par exemple, que nous composerons dans cet ordre ; le premier sommet figurera E dans cette chaîne de vecteurs, le second figurera $\alpha_1 E$, le troisième $\alpha_2\alpha_1 E, \ldots,$ et le dernier sommet $\alpha_n\alpha_{n+1}, \ldots, \alpha_1 E$; il s'agit ici uniquement *d'analysis situs*. Or il est bien clair que l'on pourra permuter deux opérations successives, et par suite permuter à volonté les n opérations, ce qui revient à faire la composition représentative dans un ordre arbitraire. La configuration vectorielle ainsi obtenue possède 2^n sommets ; un sommet quelconque correspond à un être mathématique *unique* $\mathcal{E}$; les n sommets contigus à des êtres $\alpha_1\mathcal{E}, \alpha_2\mathcal{E}, \ldots, \alpha_n\mathcal{E}$ et une chaîne de n vecteurs d'orientation différente obtenue à partir de $\mathcal{E}$ donne un être unique $\alpha_n\alpha_{n-1}, \ldots, \alpha_1\mathcal{E}$.

En appliquant ceci à notre exemple, nous retrouvons une configuration $(2^n)_{n+1}$ de Möbius, de forme variable, telle que chaque sommet est dans un même plan avec les n sommets voisins, les distances de ce sommet aux sommets contigus restant constantes.

Ces considérations s'appliquent aux surfaces à courbure totale constante, aux surfaces minima, à la déformation infiniment petite, etc.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur la probabilité* a posteriori. Note [1] de M. **Stanislas Millot**, présentée par M. d'Ocagne.

I. Il est admis que si l'on fait un grand nombre m d'épreuves, dans chacune desquelles la probabilité d'arrivée d'un événement A est p, il y aura, assez exactement, une probabilité

$$P = \Theta(t) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^t e^{-t^2}\, dt \tag{1}$$

que l'écart constaté, sur p, ne dépassera pas, en valeur absolue,

$$l = t\sqrt{\frac{2p(1-p)}{m}}. \tag{2}$$

II. Mais p peut être l'inconnue du problème.

Ayant fait m épreuves et observé r fois l'événement A, on se fixe un degré de certitude P, ce qui revient à se donner t, et l'on cherche à évaluer p.

On prend habituellement le rapport $\frac{r}{m}$ comme valeur approximative de p et, ayant remplacé p par $\frac{r}{m}$ dans la formule (2), on suppose que la valeur réelle de p sera comprise entre

$$\frac{r}{m} - t\sqrt{\frac{2r(m-r)}{m^3}} \tag{3}$$

et

$$\frac{r}{m} + t\sqrt{\frac{2r(m-r)}{m^3}}. \tag{4}$$

III. Cette pratique n'est pas en complet accord avec les principes admis pour la probabilité *a priori*.

Il serait cependant facile de réaliser cet accord.

Soient z une valeur hypothétique de p et l l'écart correspondant donné par la formule (2).

---

[1] Séance du 26 décembre 1922.

Pour que z soit acceptable, il faut qu'on ait

$$z - l \leqq \frac{n}{m} < z + l.$$

Les valeurs limites de z s'obtiendront donc en posant

$$z_1 + l_1 = \frac{r}{m},$$

$$z_2 - l_2 = \frac{r}{m}.$$

Après avoir remplacé les l par leurs valeurs algébriques, données par (2), on constate que les limites de z sont les racines d'une équation du second degré et que l'on a pour ces limites

$$(5) \qquad z = \frac{r + t^2}{m + 2t^2} \pm \frac{t}{m + 2t^2}\sqrt{t^2 + 2r\left(1 - \frac{r}{m}\right)}.$$

IV. Supposons 400 épreuves faites avec 0,06 comme valeur réelle de p. Si l'on prend $t = 3$, l'écart sur p peut atteindre 0,05 en valeur absolue. Il est donc normal de voir survenir huit fois l'événement A en 400 épreuves et de trouver pour $\frac{r}{m}$ la valeur 0,02. Dans ce cas, les expressions (3) et (4) donneront comme limites $-0,01$ et $+0,05$; la première est inacceptable, parce qu'elle est négative, et la deuxième n'est pas acceptable non plus, car elle contredit notre hypothèse première d'une probabilité réelle p égale à 0,06. La formule (5) donnerait les limites positives 0,005 et 0,076, entièrement satisfaisantes.

Si, d'une manière plus générale, on compare la formule (5) aux expressions (3) et (4), on constate :

1° Que le calcul de la première n'est guère plus compliqué que celui des autres;

2° Que la formule (5), déduite directement de la probabilité *a priori*, ne peut donner lieu aux mêmes anomalies que la méthode usuelle;

3° Que lorsque l'on augmente t indéfiniment, pour parvenir à la certitude absolue, la formule (5) donne les limites 0 et 1, conformes à l'idée que l'on doit se faire de la probabilité, tandis que les expressions (3) et (4) tendent vers $-\infty$ et $+\infty$.

V. Il est inutile d'enregistrer les résultats des diverses épreuves faites, car l'étude de séries partielles peut souvent, mais dans une mesure variable

selon les cas, permettre de diminuer l'incertitude sur la valeur réelle de la probabilité p.

A chaque série, de même qu'à l'ensemble, correspond pour p un intervalle dont on détermine les limites par la formule (5).

La probabilité p se trouve évidemment dans la partie commune à tous les intervalles ainsi obtenus.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Étude de certains problèmes de théorie cinétique, dans l'hypothèse où la force intermoléculaire est une fonction quelconque de la distance.* Note [1] de M. J. **Haag**, présentée par M. Émile Borel.

L'étude mathématique de la viscosité, des conductibilités calorifique et électrique et de la diffusion a été faite par divers savants, en supposant l'action intermoléculaire inversement proportionnelle à une puissance de la distance. Il est naturel de chercher à s'affranchir de cette hypothèse particulière, en considérant le cas plus général où la force intermoléculaire est une fonction quelconque de la distance. Je vais essayer, par exemple, d'étendre la méthode de Boltzmann, reprise par Jeans dans *The dynamical theory of gases* (Chap. VIII), en me limitant au cas, considéré par ce dernier auteur, où *l'un des gaz est infiniment léger et infiniment raréfié par rapport à l'autre.*

Soit $m_1 m_2 f(r)$ la fonction potentielle, supposée décroissante et nulle pour r infini. Si u, v, w et u', v', w' sont les composantes des vitesses avant le choc et si l'on représente par des lettres barrées les mêmes quantités après le choc, on a

$$\bar{u} = u + \frac{m_2}{m_1 + m_2}\left[2(u' - u)\cos^2\frac{\theta}{2} - \alpha V \sin\theta\right]; \tag{1}$$

$$\theta = 2\int_0^z \frac{dy}{\sqrt{1 - y^2 - \frac{2(m_1 + m_2)}{V^2} f\left(\frac{p}{y}\right)}}, \tag{2}$$

z étant la racine de la quantité sous le radical; en outre, p désigne la distance M_1P de la molécule M_1 à la droite décrite par M_2, avant le choc, dans son mouvement par rapport à M_1; V est la vitesse de ce mouvement; enfin, α, β, γ sont les cosinus directeurs de la demi-droite M_1P. Si a_1, b_1, c_1 et a_2, b_2, c_2 sont les cosinus directeurs de deux demi-droites formant un

[1] Séance du 26 décembre 1922.

trièdre trirectangle avec V, on a

(3) $\alpha = a_1 \cos\varepsilon + a_2 \sin\varepsilon, \quad \beta = b_1 \cos\varepsilon + b_2 \sin\varepsilon, \quad \gamma = c_1 \cos\varepsilon + c_2 \sin\varepsilon.$

Cela posé, nous devons évaluer l'intégrale (cf. JEANS, *loc. cit.*)

$$\mathrm{I} = \int\int (\overline{\Phi} - \Phi)\, c\, d\sigma,$$

$d\sigma$ désignant l'élément d'aire du plan perpendiculaire à V, Φ une certaine fonction de u, v, w et c la vitesse $\sqrt{u^2 + v^2 + w^2}$.

Prenons d'abord $\Phi = u\varphi(c)$. On a, en se servant des formules (1), simplifiées par l'hypothèse que m_1, u', v', w' sont nuls,

$$\overline{\Phi} - \Phi = -2u\,\varphi(c)\cos^2\frac{\theta}{2} - \alpha c\,\varphi(c)\sin\theta.$$

Dans l'intégrale I, le deuxième terme ne donne évidemment rien, comme on le voit en prenant deux éléments $d\sigma$ symétriques par rapport à M_1. Quant au premier, on l'intègre d'abord entre les circonférences de rayons p et $p + dp$, puis de $p = 0$ à $p = \infty$; on trouve ainsi

(4) $$\mathrm{I} = -4\pi c \mathrm{I}_1 \Phi,$$

en posant

(5) $$\mathrm{I}_1 = \int_0^\infty \cos^2\frac{\theta}{2}\, p\, dp.$$

De même, si l'on prend $\Phi = \left(u^2 - \frac{c^2}{3}\right)\varphi(c)$, on a

$$\overline{\Phi} - \Phi = \varphi(c)\left[-u^2\sin^2\theta + \alpha^2 c^2 \sin^2\theta + \alpha c u \sin 2\theta\right].$$

Le troisième terme ne donne rien dans I; le premier donne $-2\pi c\varphi(c)u^2\mathrm{I}_2$, en posant

(6) $$\mathrm{I}_2 = \int_0^\infty \sin^2\theta\, p\, dp.$$

Quant au deuxième, on l'intègre d'abord dans la couronne $(p, p + dp)$, ce qui se fait par la formule

$$\int_0^{2\pi} (a_1 \cos\varepsilon + a_2 \sin\varepsilon)^2\, d\varepsilon = \pi(a_1^2 + a_2^2) = \pi\left(1 - \frac{u^2}{c^2}\right).$$

On intègre ensuite par rapport à p et l'on a finalement

(7) $$\mathrm{I} = -3\pi c \mathrm{I}_2 \Phi.$$

Si l'on continue à suivre la méthode de M. Jeans, on aboutit aux résultats suivants. Posons $hmc^2 = x$; puis

$$(8)\qquad \begin{cases} H_1 = \int_0^\infty \dfrac{e^{-x} x\, dx}{I_1}, & H_2 = \int_0^\infty \dfrac{e^{-x} x^2\, dx}{I_1}, \\ H_3 = \int_0^\infty \dfrac{e^{-x} x^3\, dx}{I_1}, & H_4 = \int_0^\infty \dfrac{e^{-x} x^2\, dx}{I_2}. \end{cases}$$

Les coefficients de viscosité, de conductibilité calorifique, de conductibilité électrique et de diffusion ont alors les valeurs suivantes :

$$\eta = \frac{4}{45\pi\sqrt{\pi}} \frac{\nu_1}{\nu_2} \sqrt{\frac{m}{h}} H_4, \qquad k = \frac{1}{9\pi\sqrt{\pi}} \frac{\nu_1}{\nu_2} \sqrt{\frac{m}{h}} C_v \frac{H_1 H_3 - H_2^2}{H_1},$$

$$\sigma = \frac{1}{3\pi\sqrt{\pi}} \frac{\nu_1}{\nu_2} \sqrt{\frac{h}{m}} e^2 H_1, \qquad D = \frac{H_1}{6\pi\sqrt{\pi h m}\,\nu_2}.$$

Les rapports $\varepsilon = \dfrac{k}{\eta C_v}$, $\lambda = \dfrac{k e^2 J}{R^2 T \sigma}$, $\zeta = \dfrac{D\rho}{\eta}$ ont pour valeurs respectives

$$\varepsilon = \frac{5}{4} \frac{H_1 H_3 - H_2^2}{H_1 H_4}, \qquad \lambda = \frac{H_1 H_3 - H_2^2}{H_1^2}, \qquad \zeta = \frac{15}{8} \frac{H_1}{H_4}.$$

Ils dépendent, en général, de h, donc *de la température*, suivant une loi qui ne peut être connue que si l'on se donne la fonction $f(r)$. La seule relation indépendante de cette fonction est la suivante :

$$\frac{D}{\sigma} = \frac{RT}{e^2 \nu} = \frac{RTm}{e^2 \rho}.$$

Quelle que soit la loi de force intermoléculaire, le rapport du coefficient de diffusion au coefficient de conductibilité électrique est proportionnel à la température et au poids moléculaire du gaz raréfié et inversement proportionnel à sa densité.

Avec la force inversement proportionnelle à r^s, ε, λ, ζ ont des valeurs purement numériques, ne dépendant que de l'exposant s. *Cette propriété est-elle caractéristique de cette loi de force particulière?* C'est là une question qui me paraît être d'une difficulté mathématique considérable. Pour que λ, par exemple, soit indépendant de h, il suffit (mais est-ce nécessaire?) que l'intégrale I_1 soit le produit d'une fonction de x par une fonction de h. Comme c'est une fonction de $\dfrac{h}{x}$, on en déduit qu'elle est de la forme $A\left(\dfrac{h}{x}\right)^t$. On est alors ramené à la question suivante : Déterminer la fonction $f(r)$ pour que

l'on ait

$$\int_0^\infty \cos^2 \frac{\theta}{2} p\, dp = \mathrm{A}\xi^t,$$

sachant que

$$\theta = 2\int_0^z \frac{dy}{\sqrt{1-y^2-\xi f\left(\frac{p}{y}\right)}},$$

z étant la racine du dénominateur. On connaît la solution $f(r) = \mathrm{K}r^{-\frac{2}{t}}$. Il faudrait montrer qu'il n'y en a pas d'autre.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydrogénation catalytique de l'anhydride sulfureux.* Note ([1]) de Mlle **Margaret G. Tomkinson**, transmise par M. Paul Sabatier.

Berthelot a indiqué qu'un mélange d'anhydride sulfureux et d'hydrogène, maintenu 24 heures à 280°, n'a donné lieu à aucune réaction ([2]). Au rouge, il y a production d'eau, d'hydrogène sulfuré et de soufre. Au contraire, la réduction de l'acide sulfureux par l'hydrogène *naissant* peut être réalisée de diverses manières.

Il m'a paru intéressant de rechercher si, par catalyse effectuée en voie sèche, on pourrait réaliser la réduction directe de l'anhydride sulfureux par l'hydrogène.

J'ai employé comme catalyseur le nickel divisé, obtenu par calcination de l'oxalate dans l'hydrogène à 280°.

Un mélange d'anhydride sulfureux et d'hydrogène secs étant dirigé sur la colonne de métal réduit, on n'observe aucune réaction de 200° à 280°. Au-dessus de 280°, apparaît un peu de vapeur d'eau. La production d'eau est régulière vers 350°, en même temps qu'il y a formation d'hydrogène sulfuré. Plus haut, de 400° à 450°, on voit se produire simultanément de l'eau, de l'hydrogène sulfuré et du soufre.

Si le courant gazeux est lent, l'anhydride sulfureux est entièrement transformé.

Cette hydrogénation semble continuer indéfiniment avec le même catalyseur dans les conditions indiquées. A la fin des expériences, le catalyseur paraît constitué en totalité par du sulfure de nickel.

([1]) Séance du 26 décembre 1922.

([2]) Berthelot, *Ann. Chim. Phys.*, 7e série, t. 14, 1898, p. 289.

J'ai d'ailleurs vérifié : 1° que le mélange des deux gaz passant dans le même tube sans catalyseur entre 200° et 500° ne fournit aucune réaction; 2° que le nickel divisé est sans action, entre 200° et 500°, sur l'anhydride sulfureux seul.

On peut donc conclure que le nickel, ou un mélange de nickel et de sulfure de nickel, ou le sulfure de nickel lui-même, constituent un catalyseur d'hydrogénation directe de l'anhydride sulfureux.

Ces résultats permettaient de prévoir que cette hydrogénation pourrait être réalisée au moyen du sulfure de nickel, préparé à l'avance en dehors de l'appareil. C'est ce que j'ai vérifié directement. J'ai préparé du sulfure de nickel en précipitant par l'hydrogène sulfuré une solution alcaline d'acétate, et calcinant le précipité avec du soufre dans un courant d'hydrogène. Un autre sulfure a été préparé par sulfuration directe de l'oxyde de nickel dans un courant d'hydrogène sulfuré à 200°.

Ces deux espèces de sulfure peuvent l'une et l'autre catalyser, au-dessus de 300°, l'hydrogénation directe de l'anhydride sulfureux. Le sulfure ne semble pas modifié par l'usage et ne contient pas de nickel métallique.

D'ailleurs j'ai vérifié que cette aptitude catalytique du sulfure de nickel à l'hydrogénation n'est pas générale, et ne peut par exemple s'appliquer, ni à la transformation de la propanone en alcool isopropylique, tentée entre 100° et 260°, ni au changement de l'anhydride carbonique en méthane à 300°.

Le sulfure de cobalt et, moins bien, le sulfure ferreux peuvent agir comme le sulfure de nickel pour catalyser l'hydrogénation directe de l'anhydride sulfureux. Mais le cuivre, le sulfure de cadmium sont au contraire tout à fait inactifs.

Il convient de rapprocher cette aptitude catalytique du nickel divisé de son emploi industriel pour transformer à 400° en hydrogène sulfuré le sulfure de carbone contenu à côté d'hydrogène dans le gaz d'éclairage, réaction où le catalyseur, transformé en un mélange de métal et de sulfure, peut conserver son pouvoir pendant un mois, celui-ci n'étant affaibli que par le charbonnement de la surface [1].

---

(1) Carpenter, *J. Gaz lichting*, t. 126, 1914, p. 928.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la décomposition catalytique de l'huile de ricin.* Note [1] de M. A. **Mailhe**, transmise par M. Paul Sabatier.

L'huile de ricin présente une composition différente des autres huiles végétales. Elle est constituée par le glycéride d'un acide-alcool, l'*acide ricinoléique*, dont la constitution a été établie d'une manière définitive par MM. Haller et Brochet [2].

Nous avons effectué la décomposition de l'huile de ricin dans un tube de cuivre, renfermant dans sa première moitié des blocs d'alumine et, dans la seconde moitié, de la tournure de cuivre.

A une température comprise entre 550° et 570°, les produits de la destruction sont constitués par de l'eau, de l'acroléine, des gaz et des hydrocarbures.

Les gaz, lavés à l'eau, présentent la composition suivante :

CO^2	18	pour 100
CO	21	»
C^nH^{2n}	36	»
C^nH^{2n+2}	17,3	»
CH^4	7,5	»

Les hydrocarbures, extraits du liquide catalysé brut, commencent à bouillir vers 55°. Ils sont séparés jusqu'à 250° et le résidu est passé de nouveau sur le catalyseur, ce qui fournit une nouvelle proportion de produits légers. Les différents distillats sont réunis et traités par de la soude diluée, afin de neutraliser les acides qu'ils contiennent. Le liquide jaune, résultant de ce traitement, possède une forte odeur d'*œnanthone*. Effectivement, il en renferme une dose importante. On la sépare par agitation avec du bisulfite de soude en excès. La combinaison cristallisée est enlevée par filtration à la trompe et il se sépare un liquide jaune, absorbant le brome et s'échauffant par l'acide sulfurique.

Ce liquide est hydrogéné sur du nickel à 200°. Il se change en un produit incolore, d'odeur très agréable de pétrole, sans action sur le brome et l'acide sulfurique.

La rectification permet d'en isoler plusieurs fractions importantes. Celle

---

(1) Séance du 26 décembre 1922.

(2) *Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 496.

qui bout de 70° à 100° a une densité $D_{10} = 0,6988$. Elle ne donne aucune réaction sensible avec le mélange sulfonitrique. Elle est formée d'hydrocarbures forméniques, principalement d'*hexane* et d'*heptane*, dont les densités repectives sont $D_{11} = 0,6681$ et $D_{15} = 0,6885$.

L'acide nitrique est également sans action sur la portion bouillant de 100° à 130°, qui a une densité $D_9 = 0,7230$, et qui est constituée par des carbures forméniques.

Si l'on effectue la décomposition de l'huile de ricin au-dessus de 600°, on obtient des produits de même nature que précédemment. Seulement, les hydrocarbures forméniques sont accompagnés de carbures aromatiques.

Les densités du liquide hydrogéné sont les suivantes :

70°-100°	$D_{11} = 0,7416$
100-120	0,7514
120-140	0,7870
140-160	0,7940
160-180	0,8219
180-200	0,8411
200-250	0,8653

Ces différentes portions sont attaquées par le mélange sulfonitrique ou par l'acide azotique fumant. Dans la première portion, un cinquième du liquide total disparaît sous forme de *nitrobenzine;* dans la seconde, la nitration conduit à la formation du *dinitrotoluène*, fondant à 71°, et le résidu de la nitration a une densité $D_{10} = 0,7128$. Enfin le *nitrométaxylène* se forme par nitration de la portion 120°-140°.

La portion bouillant de 200° à 250°, soumise à l'action du chlorure d'aluminium pendant 5 heures, a donné des produits légers distillant à partir de 80°, renfermant de la *benzine* et du *toluène*. Ces deux corps proviennent de l'égrènement des carbures aromatiques complexes contenus dans la portion bouillant au-dessus de 200°.

Ces résultats montrent : 1° que l'huile de ricin subit une décomposition un peu différente des autres huiles végétales, puisqu'il se forme, à côté des carbures d'hydrogène, de l'aldhéhyde œnanthylique; 2° que les hydrocarbures formés au-dessous de 600° sont à peu près exclusivement de nature forménique et qu'au-dessus de 600° il se forme en même temps des hydrocarbures aromatiques, tels que la benzine, le toluène, le métaxylène; 3° la décomposition de l'huile de ricin a été réalisée avec un catalyseur formé de blocs d'alumine et de la tournure de cuivre, ce qui a rendu le dépôt de

charbon insensible; 4° il y a production d'acides éthyléniques, dont la décomposition en présence de tournure de cuivre, à haute température, conduit à des carbures d'hydrogène.

SISMOLOGIE. — *Étude du séisme algérien, du 25 août 1922, d'après les observations microsismiques.* Note [1] de Mme **A. Hee.** (Extrait.)

Le 25 août, vers $11^h 47^m 24^s$, une violente secousse sismique a ébranlé la région de Cavaignac située à environ 15km au sud-ouest de Ténès. Les rapports entre ce tremblement de terre et la structure géologique ont été indiqués dans une Note des *Comptes rendus* par MM. A. Brives et M. Dalloni [2]. L'intensité du mouvement à Cavaignac correspond à peu près au degré IX de l'échelle Rossi-Forel.

Le Bureau central sismologique de Strasbourg s'est proposé de déterminer l'épicentre par les données microsismiques provenant d'un certain nombre de stations rapprochées (Alger, Cartuja Granada, Barcelone, San Fernando, Coïmbra, Rome, Zurich, Strasbourg) et d'Helwan, station particulièrement intéressante par le fait qu'elle se trouve sur le même continent. Le Bureau a pu avoir entre les mains soit les sismogrammes eux-mêmes, soit leurs reproductions photographiques.

Les données de la station d'Alger assignent à l'épicentre une distance de 165km en appliquant les courbes de Mohorovicic [3]. Les P et S entrant en jeu sont les $\overline{P}$ et $\overline{S}$ (P et S soulignés). Dans ces conditions, l'heure origine est fixée à $11^h 47^m 24^s$.

Pour déterminer l'épicentre, nous nous sommes servie des heures d'arrivée des P à Alger et à Cartuja Granada. La différence des temps de trajet est de 37 secondes. En traçant sur la carte le lieu des points pour lesquels cette différence de temps est de 37 secondes, nous obtenons une courbe d'allure hyperbolique qui coupe le cercle ayant pour centre Alger et pour rayon 165km en un point de la région de Cavaignac. La même méthode, appliquée aux stations de Barcelone et d'Alger, conduit à une deuxième courbe qui passe au voisinage du point d'intersection des deux premières.

---

(1) Séance du 11 décembre 1922.

(2) *Le tremblement de terre du 25 août 1922 et la structure géologique de la région de Ténès-Cavaignac* (Algérie) (*Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 527).

(3) *Das Beben vom* 8-X-1909, von Dr A. Mohorovicic (*Jahrbuch des Meteorologischen Observatoriums in Zagreb für das Jahr* 1909; Jahrgang IX, IV Teil).

TABLEAU.

Stations.	Distance (Cavaignac).	Distance (M).	Heure d'arrivée des P (Cavaignac).	Heure d'arrivée des P (M).	Heure d'arrivée des P (observée).	d. (Cavaignac).	d. (M).	Heure d'arrivée des S (Cavaignac).	Heure d'arrivée des P (M).	Heure d'arrivée des S (observée).	d. (Cavaignac).	d. (M).
Alger......	169km	168km	»	»	iP $11^h 47^m 49^s$	»	»	$\overline{S}$ $11^h 48^m 11^s$	$\overline{S}$ $11^h 48^m 09^s$	S $11^h 48^m 09^s$	— 2	0
Cartuja....	435	444	$11^h 48^m 25^s$	$11^h 48^m 26^s$	P 11.48.26	+1	0	11.49.16	S 11.49.18	(S) 11.49.15	— 1	— 3
Barcelone..	562	576	11.48.41	11.48.43	P 11.48.43	+2	0	11.49.44	11.49.49	S 11.49.52	+ 8	+ 3
Coïmbra...	935	950	11.49.29	11.49.31	eP(EW) 11.49.36	+7	+5	11.51.13	11.51.17	eS 11.51.23	+10	+ 6
Rome......	1147	1150	11.49.55	11.49.56	eP 11.49.54	—1	—2	»	»	»	»	»
Zurich.....	1360	1371	11.50.22	11.50.24	P 11.50.24	+2	0	»	»	S vague	»	»
Strasbourg.	1455	1466	11.50.35	11.50.36	P 11.50.32	—3	—4	11.53.10	11.53.13	(eS) 11.53.23	+13	+10
Helwon....	2887	2879	11.53.14	11.53.14	eP 11.53.17	+3	+3	11.57.49	11.57.48	eS 11.57.49	0	+ 1

L'épicentre est pris à l'intérieur du triangle formé par ces trois courbes. Nous avons adopté un point M de coordonnées $\varphi = 36^\circ 17' \text{N}$, $\lambda = 1^\circ 16' \text{E}$, celles de Cavaignac étant $\varphi = 36^\circ 25' \text{N}$, $\lambda = 1^\circ 12' \text{E}$.

Nous avons déterminé la distance de cet épicentre aux stations énumérées. Ces distances figurent dans la deuxième colonne du tableau ci-contre. Dans la première colonne figurent les distances de Cavaignac aux mêmes stations. Dans les colonnes suivantes sont inscrites les heures d'arrivée des P en supposant l'épicentre à Cavaignac, les heures d'arrivée des P en supposant l'épicentre au point déterminé M, enfin les heures d'arrivée observées sur les sismogrammes et la nature de la phase. Les deux dernières colonnes contiennent les différences entre les nombres calculés et les nombres observés. Les mêmes données pour la phase S figurent dans les colonnes voisines.

La comparaison des erreurs montre que, pour les stations rapprochées, les différences sont réduites en adoptant l'épicentre déterminé M. Mais ces différences sont de l'ordre de grandeur des erreurs qui peuvent être commises dans le dépouillement des sismogrammes. Les heures d'arrivée des S ne peuvent être déterminées avec assez de précision pour que nous puissions appliquer à la détermination de l'épicentre la méthode s'appuyant sur la différence S — P.

En tout cas les observations microsismiques conduisent, comme les observations macrosismiques, à une région très voisine de Cavaignac; la concordance entre les deux méthodes d'observations peut être considérée comme satisfaisante.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur le delta pliocène du Var et les niveaux d'érosion des vallées y débouchant.* Note (¹) de M. **Emmanuel de Martonne**, présentée par M. Pierre Termier.

L'énorme dépôt de poudingues pliocènes de la basse vallée du Var a été décrit comme un delta par De Chambrun de Rosemont (1873), Depéret (1903), Léon Bertrand (1904) et Penck (1905), tandis que Desor (1876) et récemment David Martin ont cru y voir, dans certaines parties, des moraines. Penck a signalé la possibilité d'y retrouver le niveau de base pliocène en rapport avec un ancien thalweg du Var sur la crête du Pic-

(¹) Séance du 26 décembre 1922.

ciarvet, mais aucun géographe n'a été tenté de suivre cette suggestion hasardeuse, et les géologues ont porté leur attention sur les couches fossilifères pliocènes sous-jacentes aux poudingues.

Nous croyons pouvoir établir les faits suivants, après une étude de la masse des poudingues, au point de vue de leur origine, leur disposition et leurs formes topographiques :

1° On ne peut douter du caractère deltaïque. La pente est assez régulière (moyenne 17°), sans trace des plissements signalés par certains auteurs, mais avec quelques irrégularités locales, fréquentes au voisinage de l'ancien rivage.

2° Les parties les plus hautes du dépôt se présentant en masse continue atteignent 650^m. On n'y trouve pas de Cristallin, mais seulement des calcaires et grès, en blocs parfois de grandes dimensions; il s'agit donc de cônes de déjections locaux, se raccordant avec le delta, dont la surface était plus basse.

3° Le Cristallin est profondément altéré sur toutes les crêtes dépassant 350^m, très frais au contraire à la surface des crêtes plus basses; fait difficilement explicable sans admettre qu'il y a lieu de distinguer deux surfaces topographiques, d'âge différent.

4° On ne peut reconstituer la surface de l'ancien delta, en s'appuyant sur les crêtes. Leur profil montre des ressauts multiples correspondant à la pente des couches.

5° Il y a, en réalité, dans la masse des poudingues, trois surfaces topographiques planes, dans lesquelles sont découpées les crêtes : une surface supérieure, ayant comme témoin principal la crête dela Bégude à 390^m-450^m (altitude relative 320^m-370^m) avec une pente de 2,5 pour 100; une surface moyenne, la plus développée à laquelle appartient notamment la crête Lanterne-La Tour-Cabannes à 175^m-340^m (altitude relative 140^m-270^m) avec une pente de 1,5 pour 100; une surface inférieure, en rapport avec des alluvions quaternaires sableuses, avec lits de cailloux horizontaux, à 100^m-330^m (altitude relative 80^m-230^m) avec une pente de 1,5 pour 100.

La surface supérieure, où les cailloutis cristallins sont très altérés, est la plus voisine de la surface primitive du dépôt, mais lui est probablement inférieure de 50^m à 100^m. Les deux autres surfaces sont incontestablement des surfaces d'érosion. Leur pente étant notablement supérieure à celle du lit actuel du Var, on doit admettre qu'elles ont été affectées par un soulèvement.

Pour établir un rapport entre ces surfaces et les niveaux d'érosion des

vallées du bassin du Var, une analyse morphologique détaillée est nécessaire. Elle a été conduite suivant les principes que j'ai précédemment fixés et appliqués à quelques vallées du Dauphiné (1).

La vallée de la Vésubie montre très nettement deux niveaux (C et D), dont les altitudes relatives vont en décroissant vers l'amont et qui convergeraient entre Lantosque et Saint-Martin, se confondant avec un ancien thalweg, à peine recreusé de 30^m, sur le fond duquel repose le curieux dépôt de Berthémont. Or, j'ai établi définitivement le caractère morainique de la base au moins de ce dépôt, en y trouvant de gros blocs striés dans une boue glaciaire. L'âge quaternaire de C et D est donc certain.

D'autre part C se raccorde nettement avec la surface inférieure de la région du delta, et D avec la surface moyenne. D est aussi en rapport avec les petites plaines alluviales de Levens et Vélaplan, qui représentent à 500^m et 520^m des restes de topographie ancienne datant déjà d'une époque où le creusement avait repris dans la masse des poudingues.

Les formes pliocènes doivent être cherchées plus haut ; elles n'ont guère mieux été conservées que la surface du delta pliocène lui-même.

La dureté des calcaires dans lesquels la basse Vésubie a creusé les formidables gorges de Saint-Jean-la-Rivière et Duranus a seule permis la conservation des thalwegs C et D. Sur la Tinée et le Var, où les formations schisteuses et marneuses sont plus développées, ces niveaux ne se présentent qu'en témoins discontinus. On relève deux séries au moins de terrasses et replats à des altitudes relatives inférieures : série B, 70^m-80^m, et série A, 20^m à 30^m. Le niveau C est problablement représenté dans la Tinée par la série des replats dont l'altitude relative va en diminuant de 180^m à 50^m jusqu'à Saint-Sauveur.

Malgré la grande érosion des vallées des Alpes maritimes, il reste possible de retrouver des formes d'érosion quaternaires, indiquant un mouvement du sol dont l'amplitude est de plusieurs centaines de mètres. Les thalwegs actuels forment des courbes irrégulières dont l'écartement maximum par rapport aux thalwegs C et D s'observe au voisinage des gorges d'où débouchent le Var et la Vésubie. La différence diminuant vers l'aval, le thalweg C, prolongé jusqu'à l'embouchure actuelle du Var, aboutirait à 30^m, et il suffirait de supposer une extension plus grande de la masse des poudingues, reportant l'embouchure à 1^{km} au Sud, pour voir ce niveau aboutir à 20^m, ce qui permettrait de le mettre en rapport avec les plages

(1) *Comptes rendus*, t. 153, 1911, p. 309 et 404.

quaternaires récentes, relevées à l'Est de Nice par Depéret et Caziot. Il rentrerait ainsi dans la classification du Quaternaire de Depéret, d'accord avec l'âge que lui fixent les moraines de Berthémont.

Le niveau D aboutirait par le même procédé à 110^{m} au droit de l'embouchure actuelle du Var, et à environ 60^{m} à 3^{km} au Sud, ce qui permettrait de le mettre en rapport avec les plages quaternaires plus anciennes relevées à l'Est de Nice.

Nous ne croyons pas qu'on puisse aller plus loin.

La séance est levée à 16 heures et demie.

É. P.